

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-349398

(43)Date of publication of application : 15.12.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/343

H01L 33/00

H01S 5/20

(21)Application number : 11-157646

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 04.06.1999

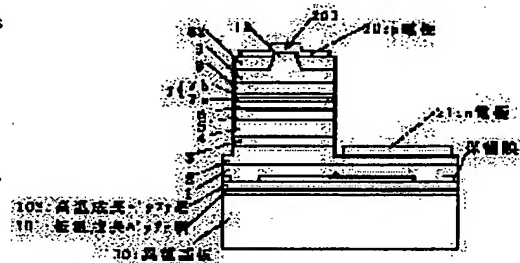
(72)Inventor : NAGAHAMA SHINICHI

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To further increase output and element reliability as compared with a normal case by providing a first p-type nitride semiconductor layer that is made of a specific substance and has a larger energy gap than a p-type clad layer and a second p-type nitride semiconductor layer between an active layer and a p-type clad layer.

SOLUTION: In the nitride semiconductor light emitting device, a p-type cap layer 7 that is made of p-type $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$) and has a function for confining carriers to an active layer 6 is formed on the active layer 6 that is made of a nitride semiconductor containing In. The p-type cap layer 7 is made of a first p-type nitride semiconductor layer 7a that is made of p-type $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$ ($0 < a < 1$) and a second p-type nitride semiconductor layer 7b that is made of p-type $\text{Al}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$ ($0 < b < 1$). The p-type cap layer 7 is formed as a layer for confining carriers to the active layer 6, and needs to have a larger band gap than the active layer 6 and improved crystallizability.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.06.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3446660

[Date of registration] 04.07.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

Best Available Copy

THIS PAGE BLANK (USPTO)

【請求項17】 前記第1の成長工程において、前記第1のp型窒化物半導体層を10Å以上100Å以下の膜厚に成長させ、前記第2の成長工程において、前記第2のp型窒化物半導体層を10Å以上300Å以下の膜厚に成長させる請求項14に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【請求項18】 前記第1の成長工程における成長温度を、850℃以上950℃以下に設定し、前記第2の成長工程の成長温度を950℃以上に設定した請求項14に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】
【発明の属する技術分野】 本発明は、発光ダイオード、レーザダイオード等の発光素子、又は太陽電池、光センサ等の受光素子に使用される窒化物半導体（InGaAs_{1-x}N_x、0 ≤ x、0 ≤ x + y ≤ 1）よりなる窒化物半導体素子に係り、特に発光素子、レーザ素子に関する。

【0002】
【従来の技術】 近年、窒化物半導体からなる青色レーザダイオードが実用可能になっている。例えば、本発明者等は、Japanese Journal of Applied Physics, Vol.37 (1999) pp.1309-1312 に、サファイア上に成長させたGaN層上に、SiO₂よりなる保護膜を部分的に形成し、その保護膜上から再度GaNを有機金属気相成長法（MOVPE）等の気相成長法により成長させることで、保護膜が形成されていない部分（以下、窓部という）から成長が生じ、窓部に保護膜上層でGaNの横方向の成長が生じ、隣接する窓部から横方向に成長したGaN同士が保護膜上で接して成長を続け、結晶欠陥（以下、転位という場合もある）の極めて少ない窒化物半導体を得ることができることを開示している。そして、得られる結晶欠陥の少ない窒化物半導体を基板として、この窒化物半導体基板上に素子構造を形成してなる窒化物半導体レーザ素子は、1万時間以上の連続駆動を達成することができることが開示されている。

【0003】
【課題を解決しようとする課題】 しかしながら、窒化物半導体発光素子は、更なる出力、素子信頼性の向上が必要である。

【0004】 そこで、本発明は、従来例に比較してさらに出力と素子信頼性の高い窒化物半導体発光素子を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、以下の構成により前記目的を達成したものである。すなわち、本発明の第1の窒化物半導体発光素子は、少なくともn型窒化物半導体からなるn型クラッド層、Inを含む窒化物半導体からなる活性層、及びp型窒化物半導体からなるp型クラッド層とを備えた窒化物半導体素子において、

て、前記活性層とp型クラッド層との間に、Al_{1-x}Ga_xN（0 < x < 1）からなりかつ前記p型クラッド層よりエネルギーギャップの大きい第1のp型窒化物半導体層と、Al_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < x < 1）からなる第2のp型窒化物半導体層を有することを特徴とする。

【0006】 また、本発明の第1の窒化物半導体発光素子においては、前記第1のp型窒化物半導体層が、前記活性層に接して形成されていることが好ましい。

【0007】 さらに、本発明の第1の窒化物半導体発光素子においては、前記第1の窒化物半導体層の膜厚が、10Å以上100Å以下の厚さであり、前記第2の窒化物半導体層の膜厚が、10Å以上300Å以下の厚さであることが好ましい。

【0008】 また、本発明の第1の窒化物半導体発光素子においては、前記活性層が、InGa_{1-x}As_xN（0 ≤ x < 1）からなる井戸層を含む多量子井戸構造としてもよい。

【0009】 さらに、本発明の第1の窒化物半導体発光素子においては、前記活性層を、InGa_{1-x}As_xN（0 ≤ x < 1）からなる井戸層を含む層とし、前記p型クラッド層をAl_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < x < 1）とし、かつ前記クラッド層と前記活性層との間に前記p型クラッド層よりバンドギャップの大きいAl_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < y < 1）からなる第1のp型窒化物半導体層と前記Al_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < x < 1）からなる第2のp型窒化物半導体層とをそれぞれ、x ≤ a、x ≤ bを満足するように組成が設定された層で構成することができる。

【0010】 また、本発明に係る第2の窒化物半導体発光素子は、n型窒化物半導体からなるn型クラッド層とp型窒化物半導体からなるp型クラッド層との間にInを含む窒化物半導体からなる活性層を備えた窒化物半導体発光素子において、前記活性層とp型クラッド層との間に前記p型クラッド層よりエネルギーギャップが大きいAl_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < x < 1）からなりかつ前記クラッド層より低阻で成長された第1のp型窒化物半導体層を備えたことを特徴とする。

【0011】 このように、窒化物半導体発光素子において、前記活性層とp型クラッド層との間に前記p型クラッド層よりエネルギーギャップが大きいAl_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < x < 1）からなりかつ前記クラッド層より低阻で成長された第1のp型窒化物半導体層を備えることにより、活性層の品質を良好に保つことができる。すなわち、結晶性の良いAl_{1-x}Ga_{1-x}Nを成長させる成長条件の下では、Inを含む活性層が分解するが、本発明に係る第2の窒化物半導体素子では、まず、前記活性層と前記クラッド層との間に、前記クラッド層より低阻で前記第1のp型窒化物半導体層を成長させて、その第1のp型窒化物半導体層で活性層の分解を防止しながら、結晶性の良いp型窒化物半導体層（前記クラッド層を含む）を形成することができるので、品質の良い活性層とその上に結晶性の良好なp型窒化物半導体層とを備えた発光素子を提供

できる。

【0012】 また、本発明に係る第2の窒化物半導体発光素子においては、活性層の分解を効果的に抑えるために、前記第1のp型窒化物半導体層がN₂ガスを用いた有機金属気相成長法で成長されていることが好ましい。

【0013】 また、本発明に係る第2の窒化物半導体発光素子においては、前記活性層を、InGa_{1-x}As_xN（0 ≤ x < 1）からなる井戸層を含む多量子井戸構造とすることができる。

【0014】 また、本発明に係る第2の窒化物半導体発光素子では、前記活性層を、InGa_{1-x}As_xN（0 ≤ x < 1）からなる井戸層を含ん層とし、かつ前記Al_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < x < 1）からなる層とし、かつ前記Al_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < x < 1）からなる第1のp型窒化物半導体層を、x ≤ aを満足するように組成を設定することにより構成できる。

【0015】 また、本発明に係る第3の窒化物半導体発光素子は、n型窒化物半導体からなるn型クラッド層とp型窒化物半導体からなるp型クラッド層との間にInを含む窒化物半導体からなる活性層を備え、かつ前記p型クラッド層と前記活性層との間に前記p型クラッド層よりバンドギャップの大きいAl_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < y < 1）からなるp型窒化物半導体層が形成されてなる窒化物半導体発光素子であって、前記p型窒化物半導体層は、p型のAl_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < x < 1）からなる第1のp型窒化物半導体層と、該第1のp型窒化物半導体層上に形成されたp型のAl_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < y < 1）からなる第2の第1のp型窒化物半導体層とより結晶欠陥の少ない第2のp型窒化物半導体層とからなり、かつ前記p型窒化物半導体層の厚さが10Å以上100Å以下に設定されていることを特徴とする。

【0016】 このように、本発明に係る第3の窒化物半導体発光素子において、前記p型窒化物半導体層を、Al_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < x < 1）からなり前記活性層に接して形成された第1のp型窒化物半導体層と、Al_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < y < 1）からなる結晶欠陥の少ない第2のp型窒化物半導体層とによって構成することにより、活性層にキャリアを閉じ込める機能を効果的に発揮させかつ活性層の品質を良好に保つことができる。すなわち、結晶性の良いAl_{1-x}Ga_{1-x}Nを成長させる成長条件の下では、Inを含む活性層が分解するために、従来の活性層が分解しないような条件でAl_{1-x}Ga_{1-x}Nを成長させていたで、Al_{1-x}Ga_{1-x}Nを用いた結晶性の良いp型窒化物半導体層を形成することが困難であり、その機能を効果的に発揮させることが困難であった。また、結晶性の良いAl_{1-x}Ga_{1-x}Nからなるキャリア閉じ込め層を形成しようとする、活性層の分解が起こり活性層の低下を招いていた。

【0017】 これに対して、本発明に係る第3の窒化物半導体素子では、まず、前記活性層に近い側に前記第1のp型窒化物半導体層を成長させて、その第1のp型窒

化物半導体層で活性層の分解を防止しながら、結晶性の良い第2のp型窒化物半導体層を形成することができるので、品質の良い活性層と結晶性の良好なp型窒化物半導体層とを備えた発光素子を提供できる。すなわち、本発明の第3の窒化物半導体素子は、p型窒化物半導体層、活性層の分解を防止する第1のp型窒化物半導体層と、キャリアを効果的に活性層に閉じ込める第2のp型窒化物半導体層とに積極的に分離した複数の層で形成することにより、従来のレーザダイオードの問題点を解決したものである。

【0018】 また、本発明の第3の窒化物半導体素子において、前記第1のp型窒化物半導体層の膜厚は、10Å以上100Å以下に設定することが好ましい。この範囲に設定すると、活性層の分解を効果的に防止でき、かつp型窒化物半導体層全体としての結晶性は比較的良好に保つことができ、活性層に効果的に電子を閉じ込めることができる。

【0019】 また、本発明の第3の窒化物半導体素子において、前記活性層を、InGa_{1-x}As_xN（0 ≤ x < 1）からなる井戸層を含む多量子井戸構造とすることができ、また、このようにすると多量子井戸構造の品質性の優れた発光機能をより効果的に発揮させることができる。

【0020】 すなわち、従来の窒化物半導体発光素子において、多量子井戸構造の活性層を採用しても、ホーリル層が短いこと、キャリア側のオフセットが十分にないためオーバーフローが発生し、キャリアの閉じ込めが不十分で、多量子井戸構造の活性層の機能を十分に発揮させることができないため、単一量子井戸構造に比較して期待され

たほど素子特性を向上させることができなかった。しかしながら、本発明の第3の窒化物半導体発光素子において、活性層を、InGa_{1-x}Nからなる井戸層を複数有する多量子井戸構造として、かつ前記p型窒化物半導体層、第1のp型窒化物半導体層と第2のp型窒化物半導体層とによって構成することにより、多量子井戸構造の活性層に効果的にキャリアを閉じ込めることができ、前記井戸層へのキャリアの注入が良好にできる。これによって、多量子井戸構造の活性層の特性を十分に活用することができ、良好な発光特性を実現することができる。

【0021】 本発明に係る窒化物半導体発光素子の製造方法は、Inを含む窒化物半導体からなる活性層上に、Al_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < x < 1）からなるp型窒化物半導体層を成長させる工程を含む窒化物半導体発光素子の製造方法であって、前記p型窒化物半導体層の成長工程は、前記活性層上に窒素ガスをを用いて有機金属気相成長法により、Al_{1-x}Ga_{1-x}N（0 < x < 1）からなる第1のp型窒化物半導体層を成長させる第1の成長工程と、前記第1のp型窒化物半導体層上に、水素ガスをを用いて有機

変形例

実施の形態の窒化物半導体発光素子では、p型キャップ層7の一部として、活性層6の分解を防止する第1のp型窒化物半導体層7aを形成したが、本発明ではp型ラッド層7と活性層6の間に少なくとも1つの第1のp型窒化物半導体層を形成するようにしてもよい。すなわち、本発明に係る窒化物半導体発光素子において、p型ラッド層7と活性層6の間に、p型ラッド層7の成長温度より低い成長温度で、p型ラッド層よりバンドギャップの大きい第1のp型窒化物半導体層を形成することにする。活性層の結晶品質を良好に保ちつつ結晶性の良いp型ラッド層を形成することが可能となる。また、この変形例において、第1のp型窒化物半導体層はバンドギャップをラッド層より大きく設定しているのことで、一定のキャリア閉じ込め機能を発揮させることができる。したがって、本変形例の窒化物半導体発光素子は、従来例に比較して、出力及び素子の信頼性を高くできる。

【0068】

【実施例】以下に本発明の一実施の形態である実施例を示す。しかし本発明はこれに限定されない。また、本実施例はMOVPE（有機金属気相成長法）について示すものであるが、本発明の方法は、MOVPE法に限るものではなく、例えばHVPE（ハイドロ気相成長法）、MBE（分子線気相成長法）等、窒化物半導体を成長させるのに知られている全ての方法を適用できる。

【0069】【実施例1】実施例1として、図1に示される本発明の一実施の形態である窒化物半導体レーザ素子を製造する。真鍮基板として、図3に示すようにステップ状にオフアングラされたC面を主面とし、オフアングラ角 $\theta = 0.15^\circ$ 、ステップ段差おおよそ200Åのストローム、テラス幅Wおおよそ800Åのストロームであり、オフア平面をA面とし、ステップがA面に垂直であるサファイア基板を用意する。

【0070】このサファイア基板を反応容器内にセットし、温度を510℃にして、キャリアガスに酸素、原料ガスにアンモニアとTMG（トリメチルガリウム）とを用い、サファイア基板上にGaNよりなる低阻成長のバッファ層を200Åのストロームの厚で成長させる。バッファ層成長後、TMGのみ止めて、温度を1050℃まで上昇させ、1050℃に達した。原料ガスにTMG、アンモニア、シリランガスを用い、アンドープのGaNからなる高阻成長のバッファ層を5μmの厚で成長させる。

【0071】次に、高阻成長のバッファ層を積層したウエーハにストライプ状のフォトマスクを形成し、CV D装置によりストライプ幅18μm、窓部の幅3μmのSiO₂よりなる保護膜を0.1μmの厚で形成する。保護膜のストライプ方向はサファイアA面に対して垂直な方向である。保護膜形成後、ウエーハを反応容

に移し、1050℃にて、原料ガスにTMG、アンモニアを用い、アンドープのGaNよりなる窒化物半導体層を15μmの厚で成長させ窒化物半導体基板1とする。得られた窒化物半導体を窒化物半導体基板1として以下の素子構造を積層成長させる。

【0072】（アンドープn型コンタクト層）【図1に示図示されていない】
窒化物半導体基板1上に、1050℃で原料ガスにTM A（トリメチルアルミニウム）、TMG、アンモニアガスをを用いアンドープのAl_{0.05}Ga_{0.95}Nよりなるn型コンタクト層を1μmの厚で成長させる。

【0073】（n型コンタクト層2）次に、同様の温度で、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアを用い、不純物ガスにシリランガス（SiH₄）を用い、Siを3×10¹⁸/cm³ドープしたAl_{0.05}Ga_{0.95}Nよりなるn型コンタクト層2を3μmの厚で成長させる。成長させたn型コンタクト層2には、数個のクラックが発生しておらず、数個のクラックの発生が良好に防止されている。また、窒化物半導体基板1に数個のクラックが生じていても、n型コンタクト層2を成長させることで数個のクラックの伝播を防止でき結晶性の良好な素子構造を成長させることができる。結晶性の改善は、n型コンタクト層2のみの場合より、前記のようにアンドープn型コンタクト層を成長させることによりより良好となる。

【0074】（クラック防止層3）次に、温度を800℃にして、原料ガスにTMG、TMI（トリメチルインジウム）及びアンモニアを用い、不純物ガスにシリランガスを用い、Siを5×10¹⁸/cm³ドープしたIn_{0.05}Ga_{0.95}Nよりなるクラック防止層3を0.15μmの厚で成長させる。

【0075】（n型ラッド層4）次に、温度を1050℃にして、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアを用い、アンドープのAl_{0.14}Ga_{0.86}NよりなるA層を25Åのストロームの厚で成長させ、続いて、TMAを止め、不純物ガスとしてシリランガスを用い、Siを5×10¹⁸/cm³ドープしたGa_{0.95}NよりなるB層を25Åのストロームの厚で成長させる。そして、この操作をそれぞれ160回繰り返してA層とB層の積層構造よりなるn型ラッド層4を成長させる。

【0076】（n型ガイド層5）次に、同様の温度で、原料ガスにTMG及びアンモニアを用い、アンドープのGa_{0.95}Nよりなるn型ガイド層を0.075μmの厚で成長させる。

（活性層6）次に、温度を800℃にして、原料ガスにTMI、TMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとしてシリランガスを用い、キャリアガスとしてN₂を用い、反応容器内にN₂雰囲気として、Siを5×10¹⁸/cm³ドープしたIn_{0.01}Ga_{0.99}Nよりなる障壁層を1

00Åのストロームの厚で成長させる。続いて、シリランガスを止め、アンドープのIn_{0.11}Ga_{0.89}Nよりなる井戸層を50Åのストロームの厚で成長させる。この操作を3回繰り返して、最後に障壁層を積層した総厚550Åのストロームの多量重子井戸構造（MQW）の活性層6を成長させる。

【0077】（p型キャップ層7）次に、同様の温度、同様の雰囲気（N₂）で、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとしてCpMg（シクロペンタジェニルマグネシウム）を用い、Mgを1×10¹⁹/cm³ドープしたAl_{0.4}Ga_{0.6}Nよりなる第1のp型窒化物半導体層7aを、厚20Åで成長させる。次に、キャリアガスをH₂にして、H₂雰囲気とし、960℃まで上昇させた後、同様にしてTMGを1×10¹⁹/cm³ドープしたAl_{0.4}Ga_{0.6}Nよりなる第2のp型窒化物半導体層7bを、厚70Åで成長させる。この第1のp型窒化物半導体層と、第2のp型窒化物半導体層とをもって、p型キャップ層7とし、層厚90Åで形成する。

【0078】（p型ガイド層8）次に、温度を1050℃にして、原料ガスにTMG及びアンモニアを用い、アンドープのGa_{0.95}Nよりなるp型ガイド層8を0.075μmの厚で成長させる。このp型ガイド層8は、アンドープとして成長させるが、p型キャップ層7からのMgの拡散により、Mg濃度が5×10¹⁸/cm³となりp型を示す。

【0079】（p型ラッド層9）次に、同様の温度で、原料ガスにTMA、TMG及びアンモニアを用い、アンドープのAl_{0.16}Ga_{0.84}NよりなるA層を25Åのストロームの厚で成長させ、続いて、TMAを止め、不純物ガスとしてCpMgを用い、Mgを5×10¹⁹/cm³ドープしたGa_{0.95}NよりなるB層を25Åのストロームの厚で成長させる。そして、この操作をそれぞれ100回繰り返してA層とB層の積層し、総厚500Åのストロームの多量重子（超格子構造）よりなるp型ラッド層9を成長させる。

【0080】（p型コンタクト層10）次に、同様の温度で、原料ガスにTMG及びアンモニアを用い、不純物ガスとしてCpMgを用い、Mgを1×10²⁰/cm³ドープしたGa_{0.95}Nよりなるp型コンタクト層10を150Åのストロームの厚で成長させる。反応終了後、反応容器内において、ウエーハを窒素雰囲気中、700℃でアニーリングを行い、p型層を更に低抵抗化する。アニーリング後、ウエーハを反応容器から取り出し、最上層のp型コンタクト層の表面にSiO₂よりなる保護膜を形成して、RIE（反応性イオンエッチング）を用い、SiCl₄ガスによりエッチングし、図4に示すように、n電極を形成すべきn側コンタクト層2の表面を露出させる。

【0081】次に図4（a）に示すように、最上層のp

側コンタクト層10のほぼ全面に、PVD装置により、Si₃N₄化合物（主として、SiO₂）よりなる第1の保護膜61を0.5μmの厚で形成した後、第1の保護膜61の上に所定の形状のマスクをかけ、フォトレジストよりなる第3の保護膜63を、ストライプ幅1.8μm、厚さ1μmで形成する。次に、図4（b）に示すように第3の保護膜63形成後、RIE（反応性イオンエッチング）装置により、CF₄ガスを用い、第3の保護膜63をマスクとして、前記第1の保護膜63をエッチングして、ストライプ状とする。その後エッチング液で処理してフォトレジストのみを除去することにより、図4（c）に示すようにp側コンタクト層10の上にストライプ幅1.8μmの第1の保護膜61が形成できる。

【0082】さらに、図4（d）に示すように、ストライプ状の第1の保護膜61形成後、再度RIEによりSiCl₄ガスを用いて、p側コンタクト層10、およびp側クラッド層9をエッチングして、ストライプ幅1.8μmのリッジ形状のストライプ200を形成する。但し、リッジ形状のストライプ200は、図1に示すように、ELOG成長を行う際に形成した保護膜の上部で且つ保護膜の中心部分を避けるように形成される。

【0083】リッジストライプ形成後、ウエーハをPVD装置に移して、図4（e）に示すように、Zr化合物（主としてZrO₂）よりなる第2の保護膜62を、第1の保護膜61の上と、エッチングにより露出したp側クラッド層9の上と、0.5μmの厚で連続して形成する。このようにZr化合物を形成すると、p-n間の絶縁をとるためと、横モードの安定を図ることができましい。次に、ウエーハをフッ酸に浸漬し、図4（f）に示すように、第1の保護膜61をリフトオフ法により除去する。

【0084】次に図4（g）に示すように、p側コンタクト層10の上の第1の保護膜61が除去されて露出したそのp側コンタクト層の表面にN₁/Auよりなるp電極20を形成する。但しp電極20は100μmのストライプ幅として、この図に示すように、第2の保護膜62の上に渡って形成する。第2の保護膜62形成後、図1に示されるように露出させたn側コンタクト層2の表面にはTi/A₁よりなるn電極21をストライプと平行な方向で形成する。

【0085】以上のようにして、n電極とp電極とを形成したウエーハのサファイア基板を研磨して70μmとした後、ストライプ状の電極に垂直な方向で、基板側からパーバに劈開し、劈開面（11-0面、六角柱状の結晶の側面に相当する面=M面）に共振器を製作する。共振器面にSiO₂とTiO₂よりなる誘電体多量重子層を形成し、最後にp電極に平行な方向で、パーを切断して図1に示すようなレーザ素子とする。なお共振器長は300~500μmとすることが望ましい。得られたレーザ素子をヒートシンクに設置し、それぞれの電極をワイヤ

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)